

특

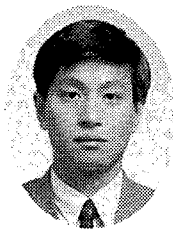
집

인터넷 속의 콘크리트 세계

북유럽 · 러시아 인터넷 속의 콘크리트 세계

(스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 러시아)

Concrete World in the Internet of North Europe · Russia



김상철*



강석화**



박순규***

1. 서 론

스칸디나비아 반도에 위치하고 있는 스웨덴, 노르웨이, 핀란드와 러시아의 4개 국을 조사하였으며, 동구권의 국가들은 금번 조사 대상에서 누락되었다. 이 국가들은 유럽 국가에 속해 있으면서도 서유럽에 있는 영국, 프랑스, 독일 등에 비해 우리에게는 그리 익숙하지 않은 국가들이다.

그러나, 실질적으로는 콘크리트의 재료, 시공 기술 정도에 있어서 서유럽 국가들 못지 않게 발전하였으며 또한 현재도 활발하게 연구를 추진하고 있는 국가들이라 할 수 있다. 위치적으로 북극에 가까이 위치하고 있기 때문에 동해 방지를 위한 콘크리트 기술이나 떠돌아다니는 빙산으로부터 구조물을 보호하기 위한 설계 및 시공 기술은 우리에게 매우 생소하면서도 독특하다.

콘크리트용 화학 혼화재 개발에 있어서는 세계 선두 그룹에 속해 있고 철근 부식 방지를 위한 방청재 개발은 매우 우수하여 현재 국내 일부 혼화재 업체들이 원료나 가공 제품 등을 수입하고 있다.

2. 스웨덴

스웨덴은 과거로부터 화학 제품과 금속 철강계에 있어 크게 발전된 나라로 특히, 최근 들어서는 금속류 분말 기술의 급속한 발전에 따라 시멘트와 함께 금속 분말을 함께 혼입시킨 콘크리트 보강과 폴리머 개발에 많은 역점을 두고 있다. 스웨덴의 연구기관 및 연구소는 대부분이 정부나 왕실 산하에 소속되어 대형 설비를 갖추고 있으며 대학들과 연관되어 산학 연구를 수행하고 있다. 이들 연구기관은 일반적으로 비영리 기관으로 스웨덴 국립산업기술개발원(Swedish National Board for Industrial and Technical Deve-

* 정회원, 한서대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 동양중앙연구소 건설재료연구실 실장

*** 정회원, 울산대학교 건축공학과 교수

lopment ; www.nutek.se)이나 KK-재단(KK-Foundation ; www.kks.se)으로부터의 연구기금을 받아 연구를 수행하고 있다. 그 외의 기금재단으로는 스웨덴 정책연구재단(Swedish Foundation for Strategic research ; www.stratresearch.se)이나 스웨덴 국립과학연구회(Swedish Natural Science Research Council ; www.nfr.se), 스웨덴 과학/공학연구회(Swedish Research Council for Engineering Science ; www.tfr.se) 등이 연구비를 지원하고 있다. 이러한 연구기금으로 연구 활동을 하고 있는 기관 중 하나인 스웨덴 건물연구협회(Swedish Council for Building Research ; www.bfr.se)에서는 기존 콘크리트 구조물의 노후화에 따른 보강 기술 개발의 일환으로 탄소섬유(carbon fiber)를 혼입한 복합 재료의 개발과 설계 방법, 극저온에서의 복합 콘크리트 거동 특성에 대해 연구하고 있다. 또한, 세계적 대규모 장비 시설을 갖추고 있는 스웨덴 국립시험연구소(Swedish National Testing and Research Institute ; www.sp.se)에서는 동결 융해 저항 및 염해 투수 저항성 등과 관련하여 콘크리트의 내구성 향상 및 시험 방법 개선에 대해 집중적으로 연구하고 있다.

콘크리트와 관련하여 학계 측면에서 살펴보면, Chalmers대학(Chalmers University of Technology ; www.chalmers.se)이 있으며 이 학교의 구조공학과에서는 콘크리트 구조물의 하중 지지 능력 향상을 위한 안정성과 설계 개선에 대해 연구를 추진하고 있고, 콘크리트 구조의 파괴 역학 해석 모델에 대해서도 심도 있게 연구 수행 중이다. 응용 분야로 고성능 콘크리트 개발, 프리캐스트(prefabricated) 콘크리트 구조, 복합 구조의 해석과 시공에 대해 연구가 활성화되고 있다. 특히, 개량 변형률과 혼합 변분식 이론을 유한 요소법에 적용하여 해석한 3차원 균열 시뮬레이션 모델은 이 학과의 큰 성과로 생각하고 있다. 그 외에도 정부기관으로부터의 기금으로 이형철근 끝단부에서의 콘크리트 파괴 거동 시뮬레이션, 설계의 최적화에 따른 철근 배근 개선 방법, 콘크리트와 탄소성 복합재료를 복합시킨 기둥에서의 파괴 거동 및 해석 방법은 이 학과에서 집중적으로 연구하고 있는 과제들이다.

콘크리트에 대해 이에 못지 않게 활발히 연구를 수행하고 있는 대학으로는 Lund대학(Lund University ; www.lth.se)이 있다. 이 대학의 구조공학과에서 연구하고 있는 분야를 크게 분류하면 재하력에 의한 균열 제어와 기존 구조물의 평가 및 보수에 대별할 수 있고, 소파제별로는 기존 콘크리트 구조물에서의 신뢰성 이론 적용, 구속 응력에 의한 콘크리트의 균열 성장과 제어, 손상된 콘크리트 교량의 보수, 초기 재령 콘크리트의 탄성계수 측정, 고성능 콘크리트의 피로, 동결에 의한 연화와 균열 발생, 초기 재령 콘크리트의 온도 균열, 외부 구속에 의한 콘크리트 구조물에서의 응력 거동에 대해 연구를 수행하고 있다.

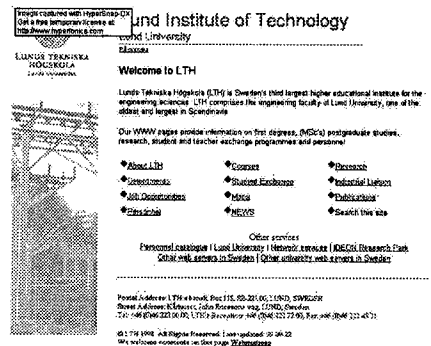
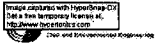


그림 1. 스웨덴의 Lund대학

3. 노르웨이

위치적으로 해안에 접하고 있고 차가운 해류의 영향을 고려하여 과거 10년간 노르웨이에서는 해안 및 항만 구조물의 개선 측면에서 집중적으로 연구를 수행해 왔다. 그 일환으로 고강도 콘크리트 개발에 주력하여 다른 나라보다 먼저 고강도 콘크리트에 대한 설계 방법을 code에 규정하였고 콘크리트구조설계기준 NS 3473에 고강도 콘크리트를 시방화하였다. 이 나라에서는 고강도 콘크리트의 개념을 60MPa에서 100MPa 이상으로 규정하고 현재는 이 정도의 강도는 어려움 없이 현장 시공이 가능하며 많은 시공 경험을 축적하고 있는 실정이다. 이 고강도 콘크리트의 개발과 관련하여 화학 혼화제 개발은 물론이고 시멘트 개발과 병행하여 학교와 연구소에서 현재도 활발히 추진 중이다.



SINTEF Group - SINTEF Projects SINTEF Research SINTEF Technology



Civil and Environmental Engineering

The research centre consists of five departments and their associated laboratories. The centre offers development of know-how and support services to the public and private sector in the development and management of coasts, offshore and coastal zone facilities.

Departments

Architecture and Building Technology

The activities of this department focus on the planning, construction and maintenance of buildings. The primary objective of the department is to develop methods and decision data to improve some essential, technical and economic aspects of construction activities.

Concrete and Structures

This department deals with concrete technology, structural mechanics, characterization, chemistry and geology. Its activities encompass the development, testing and use of concrete and its composites, as well as the design, condition monitoring and

그림 2. 노르웨이의 SINTEF연구소

연구소 관련 홈페이지로는 SINTEF(www.sintef.no)를 들 수 있는데 이 연구소는 토목환경공학 분야에만도 11개의 분과가 있는 대형 연구소로서 콘크리트 관련 연구는 Cement and Concrete 부에서 주로 수행하고 있다. 이 부서는 고강도 콘크리트에 있어서 노르웨이에서 선두를 달리고 있으며 1986년부터 노르웨이연구협회(Research Council of Norway), 노르웨이 건설부, 건설업계 연구소, 유류회사 등과 공동으로 연구를 추진하여 1993년까지 3단계 사업으로 무려 3,800만 NOK(노르웨이 화폐 단위)를 소요하였다고 한다. 그 성과로 고강도 콘크리트의 경우 경화되지 않은 콘크리트와 경화된 콘크리트의 성상, 내구성 향상, 물리적 특성에 관한 해석 정립, 피로 거동, 내화성에 대한 이론을 정립하였고, 고강도 콘크리트를 이용한 기둥, 보, 플레이트, 쉘 설계가 확립되어 고강도 콘크리트의 표준 등급이 C65에서 C105(여기서 숫자는 공시체 큐브의 강도를 나타냄)으로 NS 3473 규정이 변경되었다. 그 외에도 고층 건축물의 실용화에 따른 구조물의 경량화를 위해 경량 골재 개발에 주력하여 경량 골재 콘크리트를 Model Code 90에 규정하였고, 고강도 콘크리트에 경량 골재의 활용화 방안, 그 설계 방법의 최적화와 모델링 등에 대해 심층적으로 연구 중에 있다. Cement and Concrete부에서는 학계와 깊이 관련하여 노르웨이 과학기술대학(Norwegian University of Science and Technology ; NTNU ; www.ntnu.no)에 부설 연구소를 설립하여 공동으로 콘크리트 구조물에서의 습윤 함유량 모니터링 시스템 개발과 균열의 팽창에 대해 연구를 수행하였으며, 콘크리트

구조물에서의 잔존 수명 예측 프로그램 개발, 콘크리트의 내구성을 평가하는 실험 방법 개발 등을 현재 수행하고 있다.

4. 핀란드

핀란드는 풍부한 삼림 자원으로 과거로부터 주로 목재를 이용하여 구조물 축조를 해왔고, 따라서 제지, 펄프 가공 분야에서는 매우 발달된 반면 콘크리트 기술에 대해서는 앞서 두 나라에 비해 개발이 활성화되지 않은 편이다. 인터넷 홈페이지 상에서 토목·건축 구조물과 관련하여 큰 연구를 갖추고 있는 VTT Building Technology 연구소(www.vtt.fi)에서도 주력하여 연구 개발하고 있는 분야는 목재와 관련된 재료 생산 기술, 구조물 축조 및 해석 방법, 내화성에 대해서이며 콘크리트의 경우는 특수한 기술 개발보다는 일반적인 콘크리트의 생산 및 품질 검사, 일반 콘크리트 구조물의 구조 해석 정도이다. 그러나, 해상에 위치한 입지적 조건 때문에 철근 부식과 콘크리트 건조 수축에 대해서는 깊은 관심을 갖고 연구를 수행하고 있으며 특히, 강재 부식에 대해서는 많은 연구와 성과를 갖고 있다.

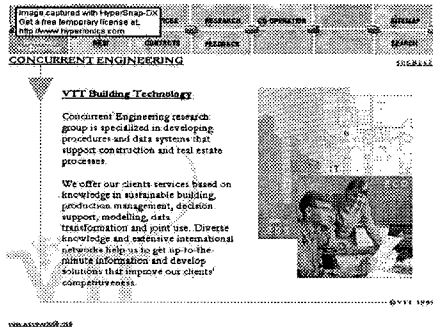


그림 3. 핀란드의 VTT건축기술연구소

핀란드에서 가장 유서 깊고 규모가 큰 대학으로 알려져 있는 Helsinki기술대학(Helsinki University of Technology ; www.hut.fi)에서도 구조 및 재료공학 분야의 경우 목재에 의한 구조물(교량 포함)에 대해 환경적 요인에 의한 거동 및 해석에 대해 많은 연구가 수행된 반면 콘크리트에 대해서는 매우 미비한 것으로 나타났다.

5. 러시아

5.1 건설부

(<http://kodeks.flntech.ru/gosstroy/>)

러시아의 정부 부처 중 건설부의 홈페이지는 다음과 같다.

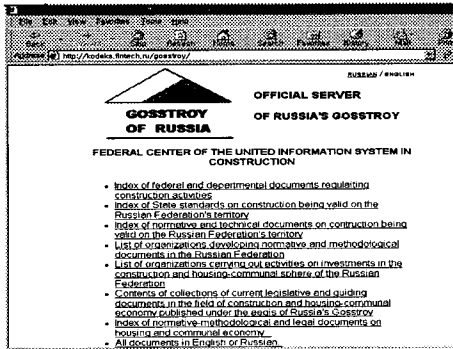


그림 4. GOSSTROY of Russia
(Department of Construction)

5.2 콘크리트 연구 분야

(<http://www.beton.msk.ru/NIIZhB/en/>)

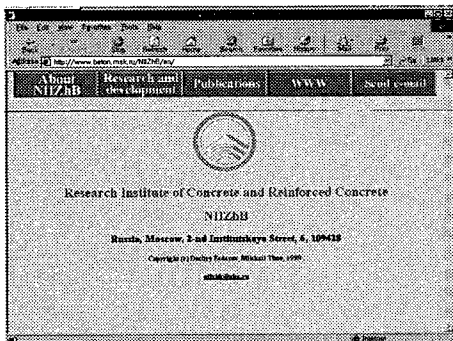


그림 5. NIIZhB(Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete)

이 홈페이지는 러시아의 콘크리트 관련 홈페이지로서 "About NIIZhB", "Research and development", "Publications", "www", "Send e-mail"로 구성되어 있으며, 특히 "EXPANDING ADDITIVE FOR PORT-

LAND CEMENT" 및 "NEW KINDS OF CONCRETE FOR LOW-RISE BUILDINGS"에 대한 연구가 기재되어 있다.

5.3 건축 분야

건축 전반에 대한 정보를 종합하는 사이트로서 그 세부 사항은 아래와 같다.

- ◇ Index of federal and departmental documents regulating construction activities
- ◇ Index of state standards on construction being valid on the Russian Federation's territory
- ◇ Index of normative and technical documents on construction being valid on the Russian Federation's territory
- ◇ List of organizations developing normative and methodological documents in the Russian Federation
- ◇ List of organizations carrying out activities on investments in the construction and housing-communal sphere of the Russian Federation
- ◇ Contents of collections of current legislative and guiding documents in the field of construction and housing-communal economy published under the aegis of Russia's Gosstroy
- ◇ Index of normative-methodological and legal documents on housing and communal economy
- ◇ All documents in English or Russian. ☑